

(19) Japanese Patent Office (JP)

(11) Laid-Open Japanese Patent Application (Kokai) Number: S61-82646

(12) Unexamined Patent Application Gazette (A)

(43) Laid-Open Publication (Kokai) Date: April 26, 1986

(51) Int. Cl.<sup>4</sup> Identification code JPO file number

H 01 J 43/20 6680-5C

Request for examination: Not requested

Number of inventions: 1

(Total 10 pages)

(54) Title of the Invention: Electron multiplier device having electric field localization means

(21) Application number: S60-98868

(22) Date of filing: May 9, 1985

Priority claim

(31) 8407142

(32) May 9, 1984

(33) France (FR)

(72) Inventor: KURODA Keiichi

2A, Chemin de Mouille Galand, Vernier, Geneve, 1214, Switzerland

(71) Applicant: Agence Nationale de Valorisation de la Recherche

43, Rue du Caumartin, Paris, 75009 France

(74) Representative: Soichi Takezawa, Patent attorney

## Specification

### 1. Title of the invention

Electron multiplier device having electric field localization means

### 2. Claims

1. An electron multiplier device comprising, in a vacuum tube, a group of successive planar parallel electrodes defining a plurality of dynode stages capable of secondary electron emission, disposed between an inlet window and an outlet anode, and means connected to said electrodes for forming an electron-accelerating electric field between the electrodes, with the general direction of said field being perpendicular to said electrode groups; wherein each dynode stage is defined by two successive planes, each plane being constituted by interconnected parallel

laminations, the laminations in the two planes of a single dynode stage being arranged offsetting each other in such a manner that said laminated two planes together constitute an obstacle or baffle for electron trajectories perpendicular to the laminations; and wherein each dynode stage is disposed in such a manner that the majority of secondary electrons effectively leaving a lamination of each first plane do not strike a lamination of each second plane, a distance Z1 between two consecutive dynode stages being larger than a distance Z0 between the two planes of a single stage, the distance Z1 being chosen as a function of the electric field in such a manner that secondary electron groups from an upstream stage strike a reduced number of lamination groups in a downstream stage in a concentrated distribution.

2. The electron multiplier device according to claim 1, wherein the laminations are each prismatic or cylindrical, the cross-section whereof projecting towards the inlet window, the laminations having two flanks capable of secondary electron emission disposed substantially symmetrically relative to a general direction of the electric field; and wherein the distance Z1 between dynode stages is constituted in such a manner that the secondary electrons from an upstream stage strike the respective symmetrically inclined flanks of the laminations of the downstream stage in a substantially balanced manner.

3. The electron multiplier device according to claim 2, wherein the cross-section of the laminations is formed substantially as an isosceles triangle having two equal angles ranging from 40° to 70°.

4. The electron multiplier device according to claim 2 or claim 3, wherein the distance Z1 between consecutive dynode stages is chosen so as to slightly unbalance the symmetry of the impact of secondary electrons coming from the upstream stage and impacting on the downstream stage, thereby avoiding spatial positional shift due to the inclination of the flanks.

5. The electron multiplier device according to claim 5<sup>[1]</sup>, wherein the apparent width of the laminations is not greater than about 0.5 mm.

6. The electron multiplier device according to claim 1, wherein the average electric field is not less than about 500 V/cm.

7. The electron multiplier device according to claim 1, wherein the initial energy of the effectively emitted secondary electrons is not less than about 5 eV.

8. The electron multiplier device according to claim 7, wherein the initial energy of the effectively emitted secondary electrons is limited to not more than several tens of eV.

9. The electron multiplier device according to claim 1, wherein at least two consecutive dynode stages are oriented in different directions, preferably in perpendicular directions.

10. The electron multiplier device according to claim 1, wherein the voltage between the two planes of a single dynode stage is not more than 50 V, at least in the initial stages, thereby enabling good detection of an isolated photoelectron.

11. The electron multiplier device according to claim 1, further comprising means for adjusting the voltage applied to the electrodes in order to optimize resolution.

12. The electron multiplier device according to claim 1, wherein a cathode or a photocathode is provided in the proximity of the first dynode.

13. The electron multiplier device according to claim 1, using as an electrode a multiply-connected divided anode, an electroluminescent surface, or a resistive anode.

Translator's Note:

[1] Seems to be a typing error.

⑩ 日本国特許庁(JP) ⑪ 特許出願公開  
 ⑫ 公開特許公報(A) 昭61-82646

⑬ Int. Cl.<sup>4</sup>  
 H 01 J 43/20

識別記号 庁内整理番号  
 6680-5C

⑭ 公開 昭和61年(1986)4月26日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全10頁)

⑮ 発明の名称 電界局在化手段を有する電子増倍装置

⑯ 特 願 昭60-98868

⑰ 出 願 昭60(1985)5月9日

優先権主張 ⑱ 1984年5月9日 ⑲ フランス(FR) ⑳ 8407142

㉑ 発 明 者 ケ イ イ チ ク ロ グ スイス国 ジュネーブ 1214 ヴエルニエール シュマン  
 ドウ ムーアユーガラノ 2 エー

㉒ 出 願 人 アジャンス ナシヨナル ドウ ヴエロリザ フランス国 75009 パリ リュ ドウ コーマルタン  
 シオン ドウ ラ ル  
 シエルシエ

㉓ 代 理 人 弁理士 竹沢 荘一

明細書の淨書(内容に変更なし)

明 細 書

1. 発明の名称

電界局在化手段を有する電子増倍装置

2. 特許請求の範囲

(1) 真空管内において、導入窓と出力陽極との間に配置されて、二次電子放出の可能である複数個のダイノード段を限定する連続する平面平行電極群と、上記個々の電極に接続されて、これ等電極間に電子加速電界を、該電界の一般方向が前記電極群に垂直であるように形成するための手段とを具備する電子増倍装置において、上記ダイノード段の各々が、連続する2平面で限定され、該各平面が、相互連結された平行ラミネーションによって構成され、単一ダイノード段の2つの平面内におけるラミネーションが、次のように、即ち、上記積層された2平面が共に、これらラミネーションに垂直な電子軌道に対する妨害物、またはバッフルを構成するように、互いに埋め合せた配置に置かれ、各ダイノード段が、次のように、即ち、各々の第1平面のラミネーションから効果

的に発生する二次電子の大部分が、各々の第2平面のラミネーションに打ち当たらないように配置され、並びに、連続する2つのダイノード段間の距離 $Z_1$ が、単一段階の2平面間の距離 $Z_2$ に比して大きく、かつ上記電界の関数として、次のように、即ち、上流段からの二次電子群が、下流段における減数されたラミネーション群を濃縮された分布状態で打ち当るように選ばれることを特徴とする電子増倍装置。

(2) 個々のラミネーションが、プリズム状または円筒形で、その横断面が導入窓へ向って突出し、二次電子放出が可能で、電界の一般方向に関してほぼ対称に配置された2側面を有するものであること、並びにダイノード段とダイノード段間の距離 $Z_1$ が、次のように、即ち上流のダイノード段からの二次電子が、下流のダイノード段のラミネーションそれぞれの対称に傾斜した各側面に、ほぼ釣合った状態で打ち当るように、構成したことからなる特許請求の範囲第(1)項に記載の電子増倍装置。

FP04-
0144-0000-HP
04.9.-7
SEARCH REPORT

- (3) 各ラミネーションの横断面が、 $40^{\circ} \sim 70^{\circ}$  範囲の互いに等しい2つの頂角を有するほぼ二等辺三角形である特許請求の範囲第(2)項に記載の電子増倍装置。
- (4) 連続するダイノード段間の距離 $2L_1$ を、上流側ダイノード段からくる二次電子の下流側ダイノード段に対する衝撃が、僅かに不均衡な対称形になるように選び、これにより、各側面の傾斜に基づく空間的な位置のずれを避けるようにした特許請求の範囲第(2)項または第(3)項に記載の電子増倍装置。
- (5) 各ラミネーションの見かけの幅が、約 $0.5\text{mm}$ 以下である特許請求の範囲第(5)項に記載の電子増倍装置。
- (6) 平均電界が、約 $500\text{V/cm}$ 以上である特許請求の範囲第(1)項に記載の電子増倍装置。
- (7) 効果的に放出される二次電子の初期エネルギーが、約 $5\text{eV}$ 以上である特許請求の範囲第1項に記載の電子増倍装置。
- (8) 効果的に放出される二次電子の初期エネルギーを、数十 $\text{eV}$ 以下に制限したことを特徴とする特許請求の範囲第(7)項に記載の電子増倍装置。
- (9) 少なくとも2つの連続ダイノード段が、異なる方向、好ましくは垂直方向に配向された特許請求の範囲第(1)項に記載の電子増倍装置。
- (10) 単一ダイノード段の二平面間の電圧が、少なくとも初期において、 $50\text{V}$ 以下とし、これにより、単独に離された光電子の良好な検出を可能にした特許請求の範囲第(1)項に記載の電子増倍装置。
- (11) 分解能を最適にするように、各電極への印加電圧を調節するための手段を備えることを特徴とする特許請求の範囲第(1)項に記載の電子増倍装置。
- (12) 第1ダイノードの付近に、陰極または光電陰極を備えることを特徴とする特許請求の範囲第(1)項に記載の電子増倍装置。
- (13) 多重に連結された分割陽極、電界発光表面、または抵抗性陽極を電極として用いる特許請求の範囲第(1)項に記載の電子増倍装置。

### 3. 発明の詳細な説明

#### 〔産業上の利用分野〕

本発明は、電子増倍装置、特に光電子増倍管に関するものである。

#### 〔従来の技術〕

フランス特許第2,445,018号明細書(または、米国特許第4,339,684号)には、「局在化」可能な電子増倍管について述べている。

このような電子増倍管内では、出力陽極上での二次電子の分布センタは、増倍管の導入窓上で増幅されるべき放射線の衝撃点位置に、或る程度相当する。“放射線”なる語は、ここでは広い意味で用いるもので、その理由は、二次電子の発生をひき起こし得る光子、電子、その他の荷電粒子を指して言うからである。

上述の電子増倍管は、完全に満足できるもので、特に空間分解能に関して満足すべきものであるが、しかし、これを達成するには、電子増倍装置が、いかなる場合にも備えなければならない電子加速電界に磁界が重ねられることである。

磁界を供給するに必要な手段の傾向として、電子増倍装置の構造が複雑化し易く、また経費増大になりがちなことである。これら磁気手段は、場所を占めるので、電子増倍のための空間が低減される傾向があり、その結果、電子増倍管の導入窓の寸法を減ずる傾向がある。

#### 〔本発明の目的〕

かくして、以下に説明するが、本発明の目的は、局在化可能であるが、磁界を重ね合すこと無しに動作し、しかも、電界と磁界とを組合せた従来の手段によって得られるものに匹敵し得る、または少なくともほぼ匹敵し得る局在化特性を備えた電子増倍管を提供するための課題を解決することである。

#### 〔問題点を解決するための手段〕

本発明は、真空管内において、導入窓と出力陽極との間に配向されて、二次電子放出の可能である複数個のダイノード段を限定する連続する平面平行電極群と、および上記個々の電極に接続されて、これ等電極間に電子加速電界を、該電界の一

般方向が前記電極群に垂直であるように形成するための手段とを具備する電子増倍装置を提供することにある。

この提案された電子増倍装置は、磁界を利用した従来のものと比較して、構造的に、数点について同じである。即ち、いずれの場合も、各ダイノード段が連続する2平面によって限定され、各平面は、平行ラミネーション群に互いに連結されることによって構成されている。

これらラミネーションは、互いに関して対として、次のように、即ち、1対のラミネーションが共に、これらに垂直な電子軌道に対するバッフル、その他の妨害手段を構成するように、互いに埋合せした配置に置かれている。

この構造的類似性にもかかわらず、一方の、即ち、電界と磁界の両方で得られる電子軌道と、他方の、即ち、電界のみを用いて得られる軌道とは全く違っていることに原因して、両電子増倍装置の動作が全く相違すると言う点に重要性がある。電界のみを利用する場合には、局在化が、二次電

子から“効果的に”発生すると言う表現は、ここでは、二次電子が、その起源であるラミネーションによっても、同一平面内の他のラミネーションによっても再び捕えられるかも知れないことを考慮して用いられている。

本発明は他に、次の特徴、即ち、個々のラミネーションが、プリズム状または円筒形で、その横断面が導入窓へ向かって突出し、該突出の片側で、二次電子放出可能な2側面を有するものであること、並びにダイノード段とダイノード段の間の距離が、次のように、即ち、上流のダイノード段からの二次電子が、下流のダイノード段のラミネーションそれぞれの各側面にほぼ釣合った状態で打ち当たり、上記各側面が対称的な傾斜を有し、これによって、局在化において、いかなる系統的偏りもないように構成された特徴を有する。

本発明の選定実施例として、各ラミネーションの横断面が、約 $40^{\circ}$ ～ $70^{\circ}$ 範囲の互いに等しい2つの頂角を有するほぼ二等辺三角形である。

この三角形は、当然、曲線三角形、即ちその各

子の、初期速度の構成分によって引き起される側方経路によって、必然的に限定される。

本発明は、利得と分解能の間の相関—これは、側方経路の変動値(要因)に対し、逆の制約を課するもの—を達成すべく、問題を解決するために、好適な幾何学的形状を有する構造体を用いるものである。かくして、これは、本発明の第1の特徴をなすものである。

本発明は、さらに、各ダイノード段が、次のように、即ち、各々の第1平面のラミネーションから効果的に発生する二次電子の大部分が、各々の第2平面のラミネーションに打ち当たらないように配置され、並びに、連続する2つのダイノード段の間の距離が、単一段の2平面間の距離に比して大きく、かつ上記電界の関数として、次のように、即ち、上流段からの二次電子群が、下流段における制約された数のラミネーション群を濃縮された分布状態で打ち当るように選ばれることを特徴としている。

各ダイノード段の与えられた平面のラミネーシ

ョンが、或るサイズの複数個のラミネーションからなる装置の製造に適用される加工許容差内で、或る程度変形可能であるとして良い。

本発明は、さらに他の特徴、即ち、上流のダイノード段におけるラミネーションの与えられた側面から発生する二次電子の大部分が、次の下流ダイノード段の第1平面においては、2つの隣り合うラミネーションに、および第2平面においては、1ラミネーションのみに打ち当る、と言う特徴を有する。

本発明はまた、連続するダイノード段間の距離を、上流側ダイノード段から発生する二次電子の下流側ダイノード段に対する衝撃が、僅かに不均衡な対称形になるように選ばれる、と言う利点を有する。

上述の変動値は、個々の実施例によって異なるが、現在のところ、次のように見なされている。

連続するダイノード段間の距離は、ラミネーションの見かけの幅の約8～10倍とすべきである。

単一ダイノード段の2平面間の距離は、連続す

る2ダイノード段階間の距離の約 $1/4$ とすべきである。

ラミネーションの見かけの幅(ほぼ全幅に相当する)は、約 $0.5\text{mm}$ 以下とすべきである。

電子増倍管内の平均電界は、約 $500\text{V/cm}$ 以上とすべきである。並びに

効果的に放出される二次電子の初期エネルギーは、約 $5\text{eV}$ 以上とすることが好ましく、数十 $\text{eV}$ であってよい。

電子増倍管内のすべてのラミネーションは、平行配置されて良いが、曲在化特性は、個々のラミネーションを、各ダイノード段階について異なる方向に規則正しく配向することによって改善される。最も簡単には、或るダイノード段階のラミネーション(複数)が、直前のダイノード段階のラミネーション(複数)に垂直としたものである。

本発明は、さらにまた、単離された光電子(または、単離状態で入射された荷電粒子)の検出を向上するものである。この目的のため、単一ダイノード段の2平面間の電圧が、少なくとも第1ダ

れ、その結果、直接に、或いは光電陰極を経て、電子増倍管のダイオードを励起し得る。しかし、本発明は、光子以外のソース、例えば電子自体または、電子増倍管への入力信号を限定し得る他種の荷電粒子にも適用できる。

第1図および第2図において、光電子増倍管は、複数の構成部分を包囲する真空室(TPH)を備える。第1図に示すように、この真空室は、その頂部に導入窓(FE)を有する。この窓の真背後に、近接光電陰極(PPC)が配置されている。この光電陰極(PPC)から下方へ、順に、10ダイノード段階( $D_1 \sim D_{10}$ )がある。

さらに下方に、“モザイク”状に分割された陽極がある。この陽極は、列A、やA<sub>i</sub>のような素子の多数からなり、各素子は、それぞれ、個々の出力電線、たとえばEA<sub>i</sub>やEA<sub>i</sub>に接続される。陽極アセンブリはA<sub>n</sub>で符示する。他の電線、例えばE<sub>i</sub>およびE<sub>j</sub>は、光電子増倍管の個々の内部電極をそれ等の動作に適した電位にまで上昇させるのに役立つ。

イノード段においては、約 $50\text{V}$ 程度にまでして良い。

本発明は、さらにまた、電子増倍装置の空間分解能を最適にするため、各電極へ印加される電圧を調節するための手段を備える、と言う特徴を有する。

電子増倍装置は、用途に応じて、第1ダイノードの段付近に、陰極または光電陰極を備えても良い。

電子増倍装置には、従来の電極で十分である場合もあるが、多重連結の分割陽極、電界発光表面、抵抗性陽極、その他局在性を用い得るよう改良する等価のいかなる手段でも備えることが、好ましい。

#### (実施例)

本発明においては、電子増倍管の構成部分についての幾何学的形態が重要である。以下、図面を参照して、本発明を詳細に説明する。

先ず、光電子増倍管について述べる。

この管内では、入射信号が光子によって伝えら

第2図は、全体として円形状をなし、ダイノード群を支持する支持構造体(SP)を図示している。これは、絶縁支柱(複数)(CP)を備えている。

第3図は、光電子増倍管と関連する電気回路を図示したもので、鎖線は真空室囲いを示す。同図において、各ダイノード段階、例えば $D_1$ には、本発明により、2つのレベルまたは(水)平面にそれぞれ位置する電極、例えば $D_{11}$ および $D_{12}$ が存在し、これ等は、光電子増倍管の電界軸(F)に沿って順に背後に配置され、かつ該電界軸に垂直に伸びている。

近接光電陰極(PPC)は、電線E<sub>1</sub>を経て電圧-HTに接続し、他端では、電線E<sub>1</sub>を経て接地されている。

複数個の抵抗からなる分圧器回路網は、給電線E<sub>1</sub>およびE<sub>1</sub>間に接続され、ダイノード面の各々に適当な電圧が印加されている。この印加電圧によって、各ダイノード面間の電位差、および従って電界が限定される。各抵抗は、電界ができるだけ均一になるように選定される。

實際上、並びに両端抵抗 $R_1$ および $R_2$ を無視し、各ダイノードの第1面、例えばダイノード $D_1$ の面 $D_{11}$ との間に抵抗 $R_1$ が配置される。これより、低い抵抗 $R_2$ が各ダイノード段階の2つの平面の間、例えばダイノード $D_2$ の両面 $D_{21}$ および $D_{22}$ 間に配置される。

この一連の抵抗回路網に沿って、一定の各点において、キャパシタンスを特に最終段階に加えることが必要である場合がある。各陽極 $A_n$ は、個々の抵抗を経て接地されている。

第4図は、2つの連続ダイノード段階を拡大図示したもので、これらは、例えば $D_1$ および $D_2$ の両段階である。

上述のように、段階 $D_1$ は、ダイノード素子の2つの面 $D_{11}$ および $D_{12}$ を含む。段階 $D_2$ もまた、ダイノード素子の両面である $D_{21}$ および $D_{22}$ を含む。

これらダイノード素子の各々は、個々に、プリズム状または円筒形のラミネーションで、これらは、付属する素子に対し平行に伸び、かつ同一面

内にある。これらラミネーションは、導入窓(FE)へ向って見たそれらの面上で、二次電子放出の行なわれる性質を有するように、適当に処理されている。

即ち、これらラミネーションは、光子または荷電粒子、例えば電子がP方向で到達した時、二次電子を発生する。方向Pは、軸Fの一般方向—これに沿って、光電子増倍管内の電界がほぼ設立されている—に平行であるか、或いはごく僅か傾いている。

現今では、ダイノード素子の形状として、二等辺三角形の横断面を有する梯状体が最良であると考えられている。2等辺三角形の互いに等しい角で挟まれた底辺Bは、一般方向Fに垂直で、下流に向いている。また、二等辺三角形の互いに等しい両辺LおよびRは、二次電子放出が可能であるように作られており、図から分かるように、一般入射方向Pに関して対称に配置されている。また、図示したように、各ラミネーションは、直角二等辺三角形の横断面を有している。

Z<sub>0</sub>の約4倍であることが好ましい。

特別な実施例においては、 $Z_0 = 1\text{ mm}$ 、 $Z_1 = 4\text{ mm}$ であるが、この場合、2つのダイノード段階間の距離は、個々のダイノード素子を構成するラミネーションの見かけの幅の約8~10倍になる。

さて、ラミネーション $D_{11}$ の右側面を発する二次電子の軌道について、第4図を参照して考えることとする。Nは、上記電子の出発点におけるこの直線側面に対し、法線方向を指示している。

二次電子放出の初期エネルギーの低限界および法線方向Nから、三角法方向に取った電子放出角度の低限界とを限定することが便利である。この電子放出角度は、もちろん、有効二次電子、即ち、ラミネーションの同一面によって再び捕えられない電子に制限される。

ここに、初期エネルギーが約5電子ボルトより大きくなければならないこと、並びに初期電子放出角度が $45^\circ$ 以下でなければならぬ。即ち、有効二次電子が、法線に対し、 $45^\circ$ の開き度を有することが認められた。

ラミネーションの“見かけの幅”は、方向Fに対し垂直にある全体幅であるとして定義されて良い。この場合、“見かけの幅”は、直角三角形の底辺Bの長さに等しく、 $0.5\text{ mm}$ である。また、同一ダイノード面内にある2つのラミネーションの隣り合う頂点間の距離も同じく $0.5\text{ mm}$ である。

さらに、ダイノード段の二次面の、例えば段階 $D_1$ の面 $D_{11}$ における各ラミネーションは、前段の面、即ち、面 $D_{11}$ のラミネーションとラミネーションとの間に配置されている。かくして、ダイノード単段の2つの面におけるダイノードエレメント群からなるアセンブリは、見かけ上、方向Fに平行な電子経路に対する妨害物、即ちバッフルとして働く。

次に、単段階における両ダイノード $D_{11}$ および $D_{12}$ の両面間の、方向Fに沿って測定した距離を $Z_1$ として表わす。 $Z_1$ は、2つの連続するダイノード段階の間、例示した図では、第1段階 $D_1$ の第1面 $D_{11}$ と、第2段階 $D_2$ の第1面 $D_{21}$ との間で、同様に測定された距離を指す。なお $Z_0$ は、



また、その場合、ラミネーションが、 $500\text{V}/\text{cm}$ の電界に対し、 $0.5\text{mm}$ 以下でなければならないことも認められた。この電界値は、 $Z_0 = 1\text{mm}$ として、ダイノード $D_1$ の2面 $D_{11}$ および $D_{12}$ 間の電圧 $50\text{ボルト}$ に相当する。

この限界より大きい場合は、ラミネーションによって放出される二次電子の主要部分が、元の電子放出面によって、その高電界のために、再び捕えられることになる。このような考えは、法線 $N$ に関する二次電子の放出角度 $\theta$ を支配するコサイン法則を考慮した結果である。

なお、これら電子は、隣りのラミネーション $D_{11}$ の存在のために通過されるエネルギーである。ラミネーション $D_{11}$ を効果的に発する二次電子のエネルギーは、数十倍の電子ボルトで形成されるが、特別な例では、約 $15\text{電子ボルト}$ でも可能であることが認められた。

かくして、電子放出角度を、例えば $\theta = 0^\circ$ とした場合、最低エネルギー軌道 $T_{1\min}$ と最高エネルギー軌道 $T_{1\max}$ があり、それぞれ $5\text{EV}$ および

$15\text{EV}$ に相当する。

実際、これらの軌道は、次のダイノード段階 $D_2$ の第1面 $D_{21}$ の一部をなす両ラミネーション $D_{211}$ および $D_{212}$ のみに打ち当たる。また、これら極端な値に近いエネルギーを持つ軌道は、上記の極端なラミネーションに打ち当たる。

しかしながら、中間エネルギーを有する軌道の一部は、 $D_{211}$ と $D_{212}$ の間を通過し、ダイノード段階 $D_2$ の第2面 $D_{22}$ の中間にあるラミネーション $D_{221}$ の2つの側面に打ち当たる。 $T_{med}$ で示された中間軌道は、約 $10\text{EV}$ に相当する。

注意深い観察によって、両ラミネーション $D_{211}$ と $D_{212}$ の間を通過する軌道 $T_{ex}$ の存在するのが見られる。しかし、このような軌道は、放出される二次電子の極めて僅かの部分（確率的意味において）しか構成しない。このような軌道に沿って伝搬していく二次電子は、いかなる場合にも、次のダイノード段階によって捕えられることになる。

さらに、両ラミネーション $D_{211}$ および $D_{212}$ の

鋭い頂角のために、電界内では当然のエッジ効果が、このような逃飛電子を、大抵は、捕えるのに役立つ。

どちらの場合にも、このような逃飛軌道に沿って飛行する電子は、ほぼすべて、ダイノード段階 $D_2$ で二次電子を発生するが、これは、3つのラミネーション $D_{211}$ 、 $D_{212}$ および $D_{221}$ に打ち当たるような軌道で飛行する電子と全く同様である。

以上、第1ダイノード段階の第1面から放出される二次電子について説明したが、二次面でも、同様な局限化の可能性(第4図参照)を与えることが認められている。

上述の動作条件では、電子軌道の $X-Z$ 面への投影のみについてのものであるが、しかし、適正な局限化は、 $X$ 方向においてのみならず、 $Y$ 方向においても得られることが認められている。

上述したことは、次のように要約される。

連続した2つのダイノード段階間の距離 $Z_1$ は、単段の2つの面の間の距離 $Z_0$ に比して大きい、この $Z_1$ は、電界の関数として、次のように、即

ち、上流のダイノード段 $D_1$ からの二次電子が、濃縮された分布状態で、下流段 $D_2$ における少数のラミネーションに打ち当たるように、調節されても良い。

さらに、用いられるラミネーションが、(この場合も同じであるが)軸 $F$ に関して対称である時、距離 $Z_1$ は、「上流のダイノード段の第1面からの二次電子が、やはり対称的に傾斜してほぼ釣合のよれるようになっている下流ダイノード段での側面に打ち当たるように」選ばれるとよいことが認められている。

同様のことは、2次面または上流段階からくる二次電子に適用される。

さらに、ラミネーションの長寸法に平行な $Y$ 方向における分布が、上流段階の各々において二次電子の両側経路の単純な回旋によって説明のつくことが認められている。第5図を参照のこと。

第5図は、 $p = q$  (ここに $p$ および $q$ は、それぞれ次のダイノード段における各ラミネーションの右側面および左側面に打ち当たる確率である)を

特徴とする2項確率分布を示す。

丸の中の数字は、二次電子が、第1ダイノード段( $n=1$ )での単一電子から出発して、続く諸段階、即ち、陽極に対し垂直な軸を下方へ順に番号の増大するダイノード段において、そこに形成される確率に比例する。また、水平軸は、ダイノード段間における二次電子の平均側方経路を単位で表わした距離に相当する。これらの距離は、 $X(\rho)$ で指示されている。

以上から、 $X$ 方向においては、二次電子の高度に濃縮された分布の得られること、並びに、この分布が初期軸 $F$ にほぼ集中されているように見える。この軸からのずれは、主として、第1二次電子を生じるラミネーションの側面の傾斜に原因する。

しかしながら、 $F$ 軸に関する二次電子束における系統的偏流—これは、各ダイノード段を順次( $p=q$ と仮定して)経るに従って増幅される—の無いことが確認された。結果として、左側の円内番号(126)が第5図の軸 $F$ 上にあるので、側方オ

フセットは傾かであるが、他方の円内番号(126)は、前のものの右側にあり、かくして、分布の全体的ずれに相当する。このずれは、 $p$ および $q$ の値を約10%変更することによって補正されて良いことが認められている。

これは、当業者に理解されるように、距離 $Z_1$ に作用することによって得られるかもしれない。しかし、この作用は、最初の二次電子を形成するラミネーションの面、即ち側面の傾斜とは関係なく、同様に行われる。

二次電子の平均側方経路 $\rho(E, Z)$ は、この電子増倍装置において決定的な役割を果たすが、ダイノードの幾何形状が、この変動値に基づいて限定され得ることが分かった。例えば、ラミネーション $z$ の幅は、 $\rho(E, Z=z/2)$ が $z/2$ より大きく(高利得の場合)、しかし、 $\rho(E, Z=Z_1)$ ができるだけ小さい(好適な限局な場合)ように選ばれる。

距離 $Z_1$ は、同様に、分解能、 $\rho(E, Z=Z_1)$ と、 $\rho$ に比例する電子分布の幅との間の相関として選ばれ、かつまた、系統的 $X$ の偏流を避けるため

に、 $z$ に比して十分に大きくなければならない。

上述したような構成を有する光電子増倍装置は、次のように構成された管内に収納されると良い。即ち、

高さ：約65mm, 外径：134mm, 導入窓の直径：100mm  
(この窓は、近接光電陰極を備えており)。

単一ダイノード段における2つの面間の電位差が約50Vで、かつ2つのダイノード段間の電位差が約200Vである上述した通りのダイノード諸段。

約0.5mmの隙間でそれぞれ分離された約 $7 \times 7$  mm<sup>2</sup>の素子164個からなる陽極、並びに、

10ダイノード段で、得られた利得が $10^6 \sim 10^7$ である。

結果した分解能は、ラミネーションの長手方向を横切る $X$ 方向において約12mmであり、ラミネーションの長手方向に平行である $Y$ 方向において約10mmである。ほぼ同じresolutionは、ラミネーションの面の構造が全く等方性を有しないとしてみても、 $X$ 方向でも $Y$ 方向においても得られることが分かった。

$X$ および $Y$ 両分解能を、さらに等しくするためには、連続ダイノード段におけるラミネーションの長手方向を横切るのが可能である。また、最適な空間分解能は、電界全体に作用する高強度を調節することにより容易に得られるか、或いは連続段の間の電界、および与えられたダイノード段の面間の電界に対するより微細な作用によっても、容易に得られる。

このようにして得られた光電子増倍管は、非常に大きな活性表面積を有し、並びにその感度は、従来の光電子増倍管のそれに匹敵し得る。

空間の分解能は、ダイノード・ラミネーションのサイズ $z$ を減ずることによって、かつまた、それに対応して、増倍管装置の電界および垂直寸法(或いは長さ寸法)を減ずることによって、一層改良し得る。

このような分解能の特性によって、多くの用途に十分役立つが、特に、 $X$ 線や $\gamma$ 線による結像に関する用途に適している。

例えば、アンダー型のカメラ(これは10mm厚さ

の沃化ナトリウムの結晶と、この結晶と直接結合する検出器としての2インチ光電子増倍管の回路網とからなっている)を用いて、 $\gamma$ 線の結像実施時に、重心(barycenter)の計算後に得られる空間分解能は、最良で約4mmである。

このような条件下では、約50mmであり、かつほぼ結晶の厚さ、例えば20mmであるシンチレーション・ビームのスポット・サイズに比して余りにも小さ過ぎる検出器の分解能によって、空間分解能が支配されるのが観察される。

このような場合、制限された検出器分解能によっても、最終分解能は、重要な因子により改善されよう。例えば、10mmの光電子検出器を用いて、1.6mmの最終分解能が得られよう。

これは、上に詳述した光電子増倍管を用いて容易に達成し得る。

以上から、本発明による電子増倍管を用いることによって、応答時間および利得の直線性に関してだけでなく、空間分解能についての優れた特性のもたらされることが認められよう。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明による光電子増倍管の垂直断面図。

第2図は、同光電子増倍管の横断面図。

第3図は、与えられた光電子増倍管中の電気接続を示す電気回路図。

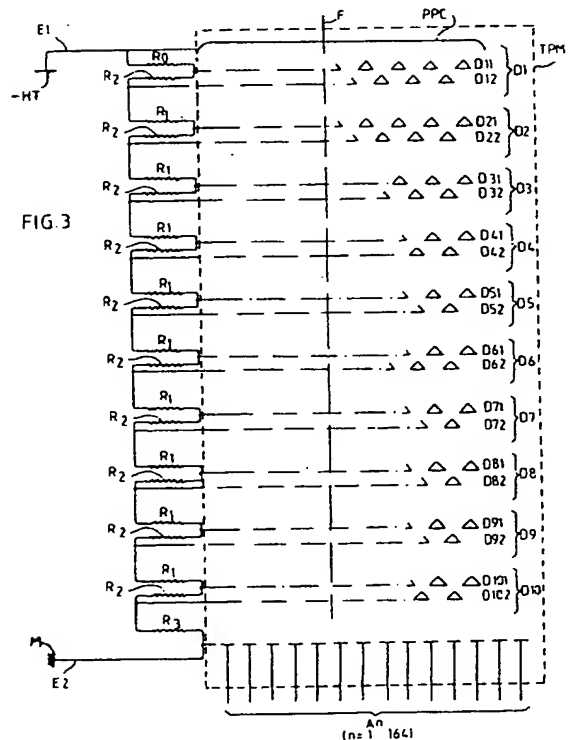
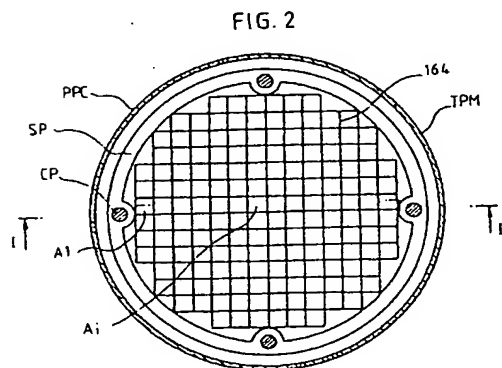
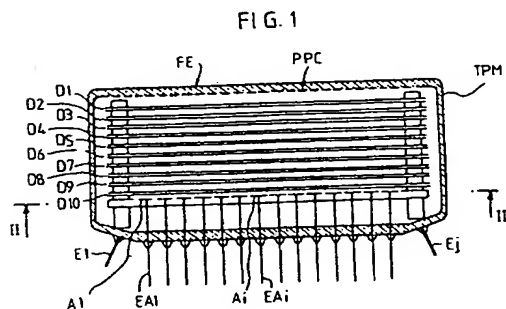
第4図は、第1図および第2図に示した光電子増倍管の接続する2つのダイノード段階の一部を図解したもの、および

第5図は、ラミネーション群の長手方向に垂直なX方向における空間分解能の図解である。

D<sub>1</sub> ~ D<sub>10</sub>、ダイノード段      SP 支持構造体  
PPC 近接光電陰極、      E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> 電線  
A<sub>n</sub> 陰極      R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> 抵抗  
D<sub>110</sub>, D<sub>111</sub> ラミネーション      Z<sub>0</sub>, Z<sub>1</sub> 距離  
 $\rho$  平均側方経路

特許出願人 代理人 井理士 竹沢 莊 一

図面の浄番(内容に変更なし)



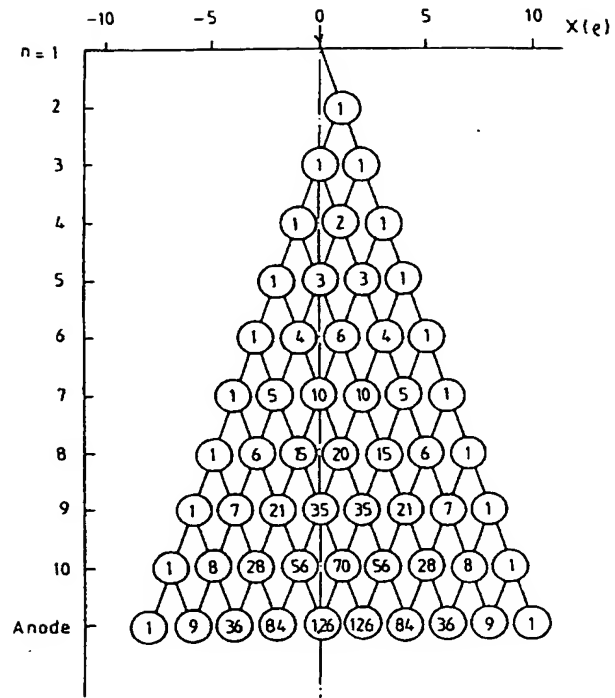
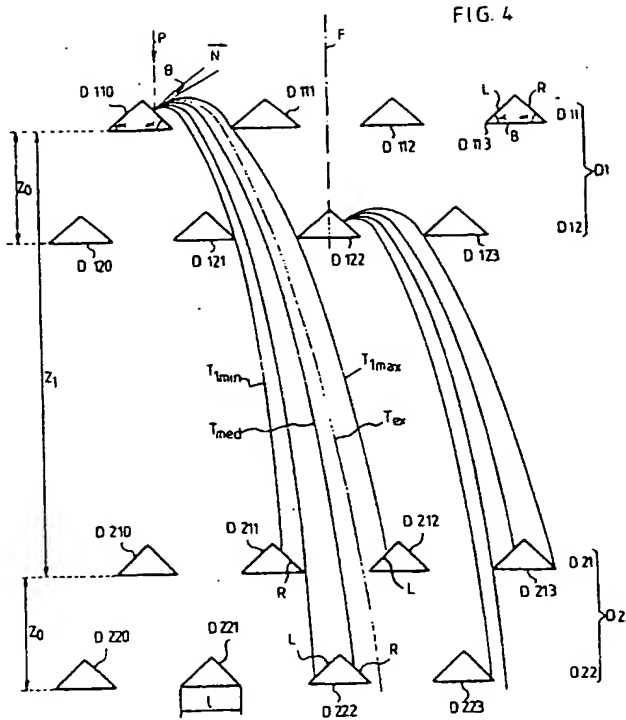


FIG. 5

手続補正書 (方式)

昭和60年8月26日

特許庁長官 宇賀 道郎 殿

1. 事件の表示  
昭和60年 特許願 第098868号
2. 発明の名称  
電界局在化手段を有する電子増倍装置
3. 補正をする者  
事件との関係 特許出願人  
名称 アジャンス ナショナル ドウ  
ヴェロリザシオン ドウ ラ ルシエルシエ
4. 代理人  
住所 東京都港区新橋 1-15-5 第1コーワビル  
氏名 (6075) 井理士 竹沢 荘  
〒105 電話 508-8686 (代表)
5. 補正命令の日付  
昭和60年7月10日  
(発送日 昭和60年7月30日)
6. 補正の対象  
(1) 願書の特許出願人の欄  
(2) 委任状及びその訳文  
(3) 明細書全文  
(4) 図面
7. 補正の内容  
(1)(2) 別紙の通り  
(3) 明細書の浄書 (内容に変更なし)  
(4) 図面の浄書 (内容に変更なし)

方式 (横)

手続補正書 (自発)

昭和60年 8月26日

特許庁長官 宇賀 道郎 殿

1. 事件の表示  
昭和60年 特許願 第98868号
2. 発明の名称  
電界局在化手段を有する電子増倍装置
3. 補正をする者  
事件との関係 特許出願人  
名称 アジャンス ナショナル ドウ  
ヴェロリザシオン ドウ ラ ルシエルシエ
4. 代理人  
住所 東京都港区新橋 1-15-5 第1コーワビル  
氏名 (6075) 井理士 竹沢 荘  
〒105 電話 508-8686 (代表)
5. 拒絶理由通知の日付 自 発
6. 補正の対象  
明細書の「発明の詳細な説明」の欄
7. 補正の内容 別紙の通り

(補正の内容)

明細書第16頁第18行の

「・・・対称に配置されている。」の後に

「2つの等しい角 $\alpha$ は、 $40^\circ$ 乃至 $70^\circ$ の範囲であれば好都合である。」と加入する。

(以 上)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**